

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-40485

(43)公開日 平成5年(1993)2月19日

(51)IntCl⁵

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 1 0 K 11/16

H 7350-5H

F 0 1 N 1/06

F 7114-3G

G 1 0 K 11/04

7350-5H

審査請求 有 請求項の数4(全 8 頁)

(21)出願番号

特願平3-195449

(22)出願日

平成3年(1991)8月5日

(71)出願人 000237592

富士通テン株式会社

兵庫県神戸市兵庫区御所通1丁目2番28号

(72)発明者 永海 正明

兵庫県神戸市兵庫区御所通1丁目2番28号

富士通テン株式会社内

(72)発明者 佐古 和也

兵庫県神戸市兵庫区御所通1丁目2番28号

富士通テン株式会社内

(74)代理人 弁理士 青木 朗 (外4名)

(54)【発明の名称】 騒音制御装置

(57)【要約】

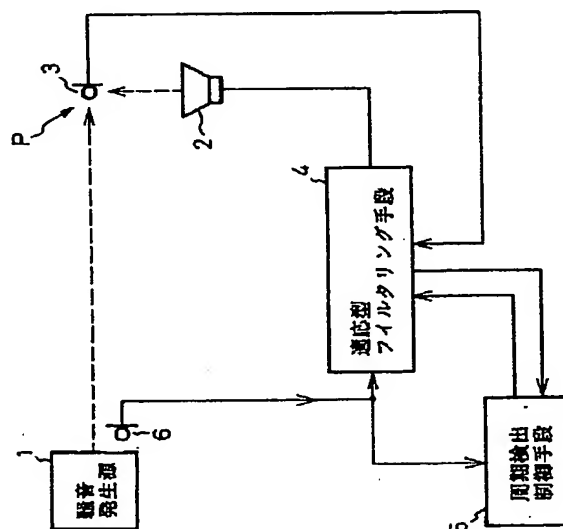
【目的】 本発明はマイクロフォンにより検出された騒音と逆相等音圧の信号をスピーカから出力することにより騒音を消去する騒音制御装置に関し、特に本発明では騒音の周波数が急峻に変化しても追従可能にすることを目的とする。

【構成】 該音波・電気信号変換器(3)の信号に基づきフィルタ係数を制御して該電気信号・音波変換器

(2)へ騒音を消去するための補償信号を形成する適応型フィルタリング手段(4)とを有する騒音制御装置に、騒音発生源(1)の騒音周期を検出し、騒音周期の変化を予測し、該騒音周期の予測変化に応じて、適応型フィルタリング手段(4)のフィルタ特性を変更する周期検出制御手段(5)を設ける。周期検出制御手段

(5)は適応型フィルタリング手段(4)に包含される乗算器の乗算係数を更新設定するようにしてもよく、また、遅延器のタップをずらすようにしてもよく、さらに複数の乗算器の乗算係数をベクトル表示して周期変化検出予測を行い、複数の乗算器の乗算係数を更新設定するようにしてもよい。

本発明の原理構成を示す図



【特許請求の範囲】

【請求項1】 騒音発生源(1)からの騒音を消去するための電気信号・音波変換器(2)と、該電気信号・音波変換器(2)からの音波で消去した騒音の残留音を電気信号に変換するための音波・電気信号変換器(3)と、該音波・電気信号変換器(3)の信号に基づきフィルタ係数を制御して該電気信号・音波変換器(2)へ騒音を消去するための補償信号を形成する適応型フィルタリング手段(4)とを有する騒音制御装置において、前記騒音発生源(1)の騒音周期を検出し、該騒音周期

の変化を予測し、該騒音周期の予測変化に応じて、前記適応型フィルタリング手段(4)のフィルタ特性を変更する周期検出制御手段(5)を備えることを特徴とする騒音制御装置。

【請求項2】 前記周期検出制御手段(5)は、前記騒音発生源(1)の騒音周期を検出し、該騒音周期の変化を予測し、該騒音周期の予測変化に応じて前記適応型フィルタリング手段(4)に包含される乗算器の乗算係数を更新設定せしめることを特徴とする請求項1記載の騒音制御装置。

【請求項3】 前記周期検出制御手段(5)は、前記騒音発生源(1)の騒音周期を検出し、該騒音周期の変化を予測して、該騒音周期の予測変化に応じて前記適応型フィルタリング手段4に包含される遅延器の出力タップを移動せしめることを特徴とする請求項1記載の騒音制御装置。

【請求項4】 前記周期検出制御手段(5)は前記適応型フィルタリング(4)に包含される複数の乗算器の乗算係数を複数次元のベクトルを形成して、該ベクトルの変化を検出しかつ予測し、該ベクトルの予測変化に応じて前記複数の乗算器の乗算係数を更新設定することを特徴とする請求項1記載の騒音制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明はマイクロフォンにより検出された騒音と逆相等音圧の信号をスピーカから出力することにより騒音を消去する騒音制御装置に関し、特に本発明では騒音の周波数が急峻に変化しても追従可能にすることを目的とする。

【0002】

【従来の技術】従来内燃機関等から発生する騒音を低減するためにはマフラ等の受動的な消音装置が使用されてきたが、サイズ・消音特性等の観点から改善が生まれていた。これに対し従来から音源から発生された騒音と逆位相・等音圧の補償音をスピーカから出力し、騒音を相殺する能動型の騒音制御装置が提案されている。

【0003】しかしながら、この能動型の騒音制御装置自体の周波数特性あるいは安定性等が充分でなく実用化が遅れていた。近年デジタル回路を使用した信号処理技術が発展し取り扱うことのできる周波数範囲も拡大し

た結果、実用的な騒音制御装置が多数提案されている(例えば特開昭63-311396号公報)。

【0004】これはダクトの上流に設置した騒音源用のマイクロフォンで騒音を検出し信号処理回路により騒音と逆相・等音圧の信号をダクト下流に設置したスピーカから出力し、消音された結果を消音点用のマイクロフォンで検出してフィードバックするフィードフォワード系とフィードバック系を組み合わせたいわゆる2マイクロフォン・1スピーカ型の能動型の騒音制御装置である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら従来の能動型の騒音制御装置においては、騒音源の騒音周期が急峻に変化する場合にはフィードバック系の欠点として少なくともスピーカからマイクロフォンまでの音波伝達特性分以上は遅れるので、消音効果が低減するという問題があった。

【0006】したがって本発明は上記問題点を鑑みて、騒音周期の急峻な変化に追従可能な騒音周期制御装置を提供することを目的とする。

20 【0007】

【課題を解決するための手段】第1図は本発明の原理構成を示す図である。本発明は前記問題点を解決するために騒音発生源1からの騒音を消去するための電気信号・音波変換器2と、該電気信号・音波変換器2からの音波で消去した騒音の残留音を電気信号に変換するための音波・電気信号変換器3と、該音波・電気信号変換器3の信号に基づき該電気信号・音波変換器2へ騒音を消去するための補償信号を形成する適応型フィルタリング手段4とを有する騒音制御装置に、騒音周期の予測変化に応じて適応型フィルタリング手段4のフィルタ特性を変更する周期検出制御手段5を設ける。

【0008】周期検出制御手段5は前記騒音発生源1の騒音周期を検出し、該騒音周期の変化を予測し、該騒音周期の予測変化に応じて、前記適応型フィルタリング手段4に包含される複数の乗算器に設定されている乗算係数を更新設定せしめる。また、前記周期検出制御手段5は前記騒音発生源1に騒音周期を検出し、該騒音周期の変化を予測して、該騒音周期の予測変化に応じて前記適応型フィルタリング手段4に包含される複数の遅延器の

40 タップを移動せしめるようにしてもよい。

【0009】さらに、前記周期検出制御手段5は前記適応型フィルタリング4に包含される複数の乗算器の乗算係数を複数次元のベクトルを形成して、該ベクトルの変化を検出しかつ予測し、該ベクトルの予測変化に応じて前記複数の乗算器の乗算係数を更新設定するようにしてもよい。

【0010】

【作用】第1図における騒音制御装置によれば、騒音発生源1からの騒音とスピーカ2からの逆相等音圧の音波との差信号により、この騒音信号を入力する適応型フィ

ルタリング手段4の補償信号が振幅、位相につき調整されて騒音が消音される。さらに騒音周期が急に変化すると、周期検出手段によって騒音周期変化が検出され、電気信号・音波変換器2等を介した消音点までの伝達特性を考慮した先の騒音周期の変化を予測して、適応型フィルタリング手段4を構成する複数の乗算器の乗算係数がシフト制御され、電気信号・音波変換器2からの補償音波の周期は消音点で騒音の周期と一致することになる。したがって騒音周期が急峻に変化しても追従可能になる。

【0011】周期検出手段5によって、適応型フィルタリング手段4の遅延器のタップを移動しても同様の働きが得られる。さらに周期検出手段5によって、適応型フィルタリング4の乗算器の乗算係数がベクトル化され、そのベクトル変化が騒音周期と密接に関係するので、ベクトル変化の予測により騒音周期が容易に予測でき、前記伝達特性を考慮することにより、周期変化が急峻であっても補償音波の周期を消音点で一致させることが可能になる。

【0012】

【実施例】以下本発明の実施例について図面を参照して説明する。図2は本発明の実施例に係る騒音制御装置を示す図である。本図の構成を説明する。本図に示す騒音制御装置は自動車のエンジン等の騒音発生源1からの騒音を消音点P(図中)付近で消去するためのスピーカ2と、該スピーカ2への出力を増幅する増幅器201と、該増幅器201へアナログ信号を供給するためにデジタル信号をアナログ信号に変換するD/A(Digital To Analog Converter)変換器202と、前記騒音発生源1からの騒音を前記スピーカ2からの音波で消去した騒音の残留音を電気信号に変換するためのマイクロフォン3と、該マイクロフォン3の電気信号を増幅するための増幅器301と、該増幅器301のアナログ信号をデジタル信号に変換するA/D(Analog To Digital Converter)変換器302と、前記A/D変換器302からの信号に基づき、フィルタ係数を制御して前記スピーカ2へ騒音を消去するための補償信号を形成する適応型フィルタリング手段4と、前記騒音発生源1からのタイミング信号を入力し、後述するマイクロフォン6等からの騒音信号又は、差信号演算手段8等からの騒音再現信号を入力し、騒音周期を検出し、周期変化を予測し、周期予測変化に応じて前記適応型フィルタリング手段4を制御して急峻な変化に追従可能とする周期検出制御手段5と、前記騒音発生源1の近傍に設置されたマイクロフォン6と、該マイクロフォン6の出力を増幅する増幅器601と、該増幅器601のアナログ出力信号をデジタル信号に変換するA/D変換器602と、前記適応型フィルタリング手段4の出力に接続され、その出力点からのスピーカ2、マイクロフォン3を介して後述する差信号演算手段8の入力に至る伝達特性Hdを模擬する伝達特性模擬手段7と、該伝達

特性模擬手段7の出力と前記A/D変換器302の出力との差信号を演算する差信号演算手段8と、前記適応型フィルタリング手段4の入力信号を択一的に選択するスイッチ手段9とを含む。ここに適応型フィルタリング手段4、周期検出制御手段5等はDSP(Digital Signal Processor)で構成される。

【0013】図3は図2の周期検出制御手段の構成を示す図である。本図に示す周期検出制御手段5は周期検出部501と、周期予測部502と、適応型フィルタリング手段4の係数等の制御部503とからなる。図4は図3の周期検出部501の周期検出方法の例を説明する図である。本図(a)は騒音発生源1として自動車エンジン又はモータ等の点火タイミング、或いは回転タイミング(回転数)を検出する方法である。周期検出部501の入力には矩形波の信号が入力し、この周期Tがもとめられ、周期予測部502へ出力される。自動車の騒音では急峻な騒音変化は自動車エンジンの回転数等の変化によって生じるためである。

【0014】本図(b)は本図(a)のようなタイミング信号が得られない場合には、自動車エンジン等の近傍のマイクロフォンまたは振動計6から騒音波形を検出し、その時間波形ピークから騒音信号の周期Tを得ることを示す。この信号処理ではある騒音信号レベルが一定レベルの騒音信号レベルを越えたときに矩形波を発生するようにすれば本図(a)と同様にして周期Tが得られる。

【0015】本図(c)はマイクロフォンに入力した騒音信号をデジタル化した後に騒音周期Tを求めるBPF(Band Pass Filter)ピーク検出方法を示す。この方法は、複数のバンドパスフィルタ1, 2, ..., nと、各バンドパスフィルタ1, 2, ..., nに接続される絶対値化部(ABS)と、各絶対値化部に接続される平均化部(LPF)と、各平均化部の最大値を検出する最大バンド検出部からなり、騒音レベルの最大周波数帯を検出して、その最大周波数帯の周期を騒音信号の周期とするものである。

【0016】本図(d)は適応型フィルタを用いた周期検出方法であって、差信号演算手段8の差信号 S_d を入力する遅延器(Delay)と、該遅延器の出力を入力する適応型フィルタ(ADF)と、適応型フィルタの出力とスルーの入力信号の差信号をとる加算部と、該加算部の差信号を最小二乗法処理して、適応型フィルタの係数を決定する最小二乗法処理部(LMS)とからなり、適応型フィルタの係数から騒音信号の周期を求める。

【0017】図5は検出周期に基づき周期変化量の予測方法を説明する図である。周期予測部502では本図に示すように当初周期が一定である時刻(t_0)で周期が小さくなるように変化したとすると周期検出部501では図中①のように周期変化量が検出される。一方従来の技術ではマイクロフォン3の位置では図中②のように伝達特性

Hdだけ遅れることになる。ここで説明の簡単のために、適応型フィルタリング手段4等の信号処理部の伝達特性等は無視している。周期予測部502では上記伝達特性Hdを考慮して、図中①の曲線に対して図中③の曲線のように早めに周期を変化させるためのデータを算出する。本図では周期の変化を時間に対して直線で示しているが、これは曲線でもよく、その場合には図中③の曲線は関数を設けて、これをフィッティングして求めてもよい。このようにして得られた本図③の曲線において、現時刻(t_1)の周期 T_1 に対して予測される周期 T_2 が求められる。図3のADFの係数等の制御部503については後述する。

【0018】次に適応型フィルタリング手段4について簡単に説明する。スイッチ手段9が差信号演算手段8を選択すると、騒音発生源1の騒音 S_n とし、マイクロフォン3までのその伝達特性を H_{noise} とし、適応型フィルタリング手段4の補償信号を S_c とし、適応型フィルタリング手段4からスピーカ2を介してマイクロフォン3に至る系の伝達特性を H_{sp} とし、マイクロフォン3から差信号演算手段8へ至る系の伝達特性を H_{ic} とし、伝達特性模擬手段7の伝達特性Hd1について、 $Hd1 = H_{sp} \cdot H_{ic} = Hd$ とすると、マイクロフォン3から出力される残留音の信号 S_r は、 $S_r = S_n \cdot H_{noise} + S_c \cdot H_{sp}$ となる。従って、差演算部8における演算結果である差信号 S_d は、 $S_d = S_n \cdot H_{noise} - S_c \cdot Hd1 = S_n \cdot H_{noise} \cdot H_{ic} + S_c \cdot H_{sp} \cdot H_{ic} - S_c \cdot H_{sp} \cdot H_{ic} = S_n \cdot H_{noise} \cdot H_{ic}$ となり、騒音のみをマイクロフォン3で検出した時の信号を演算することとなる。また、適応型フィルタリング手段4の適応型フィルタの係数を変更するための制御信号としては、A/D変換器302の出力 S_e が与えられる。適応型フィルタリング手段4はこの制御信号が零になるように係数を変更するものであり、 $S_e = S_n \cdot H_{ic}$ であるため $S_e = 0$ のとき $S_n = 0$ となる。従って、差信号演算手段8からの差信号 S_d を被制御信号として適応型フィルタリング手段4に入力し、制御信号としてA/D変換器302の出力 S_e を入力することによって、適応型フィルタリング手段は $S_e = 0$ となるように補償信号 S_c を演算する。スイッチ手段9がマイクロフォン6を選択すると、マイクロフォン6を入力信号として適応型フィルタリング手段4は補償信号 S_c を演算する。

【0019】図6は適応型フィルタリング手段を示す図である。本図の適応型フィルタリング手段は非巡回型フィルタによって構成され、具体的には一サンプリング周期の遅延を行う一連の遅延器401と、各該遅延器401に接続される複数の乗算器402と、各該乗算器402の出力を加算する複数の加算器403と、該マイクロフォン3の出力が、最小二乗法により最小になるように各前記乗算器402の乗算係数を制御する係数更新手段404を含む。

【0020】なお、一連の遅延器401はランダムアクセスメモリ(RAM)で構成されてもよく、この場合入力されたサンプリングデータを1サンプリング毎に順次次のアドレスにシフトする或いはサンプリングデータを入力するアドレスの値を1サンプリング毎に順次シフトするようにすればよい。本図に示す適応型フィルタリング手段4の乗算器402の乗算係数 g_1, g_2, \dots, g_n について周期検出制御手段5のADFの係数等の制御部503による再設定を説明する。

【0021】図7は適応型フィルタリングを構成する複数乗算器の乗算係数のシフトを説明する図である。本図(a)は遅延器401を通過する信号を模式的に示すものである。通常はマイクロフォン3の信号により各乗算器402の乗算係数(g_1, g_2, \dots, g_n)が設定されているが、周期予測部502で短い周期から長い周期への変化が予測されると、ADFの係数等の制御部503により、各乗算器402の乗算係数(g_1, g_2, \dots, g_n)が($g'_0, g_1, g_2, \dots, g_{n-1}$), \dots , ($g'_{-1}, g'_{-2}, \dots, g'_0, g_1, g_2, \dots, g_{n-2}$)となるように、すなわちn番目の乗算器(遅延器)に向かってシフトさせられる。これにより遅延量が長くなり、周期を長くすることができる。

【0022】本図(b)は上記の逆に、周期予測部502で長い周期から短い周期への変化が予測されるとADFの係数等の制御部503により各乗算器402の乗算係数(g_1, g_2, \dots, g_n)が($g_2, g_3, \dots, g_n, g'_{n+1}$), \dots , ($g_{10}, g_{11}, \dots, g_n, g'_{n+1}, g'_{n+2}, \dots, g'_{n+9}$), \dots となるようにすなわち0番目の乗算器(遅延器)に向かってシフトさせられる。これにより遅延量が短くなり、周期を短くすることができる。ただし、 g' は任意の最適値(例えば0)とする。

【0023】図8は適応型フィルタリング手段を構成する遅延器のタップ移動を説明する図であり、図7に示すものの変形である。本図(a)は通常、遅延器401のタップ(T_1, T_2, \dots, T_n)が設定されているが、周期予測部502で短い周期から長い周期への変化が予測されると、ADFの係数等の制御部503により、タップ(T_1, T_2, \dots, T_n)が($T'_0, T_1, T_2, \dots, T_{n-1}$), \dots , ($T'_{-10}, \dots, T'_{-1}, T'_0, T_1, T_2, \dots, T_{n-9}$), \dots となるようにすなわちn番目の遅延器に向かってシフトさせられる。これにより遅延量が長くなり、周期を長くすることができる。

【0024】本図(b)は上記の逆に、周期予測部502で長い周期から短い周期への変化が予測されるとADFの係数等の制御部503により各遅延器401のタップ(T_1, T_2, \dots, T_n)が($T_2, T_3, \dots, T_n, T'_{n+1}$), \dots , ($T_{10}, T_{11}, \dots, T_n, T'_{n+1}, T'_{n+2}, \dots, T'_{n+9}$), \dots となるようにすなわち0番目の乗算器へ向ってシフトさせられる。これにより遅延量が短くなり、周期を短くすることができる。ただし、

T' は、任意の最適値（例えば0）である。

【0025】図9は図2の周期検出制御手段の別の変形を示す図である。周期検出制御手段5の周期検出部501は適応型フィルタリング手段4の乗算器402の乗算係数*

*を入力し、次のn次元ベクトルを形成する。

【0026】

【数1】

$$\vec{V}(t) = g_1(t) \cdot \vec{i}_1 + g_2(t) \cdot \vec{i}_2 + \dots + g_n(t) \cdot \vec{i}_n$$

【0027】適応型フィルタリング手段4は逐次本図

(a), (b), (c) のように乗算係数 (g_1, g_2, \dots, g_n) が更新されるので、周期予測部502では、 $t = 0, 1, 2, \dots$ のようにベクトルを追跡して、 t 時間後のベクトルが予測され、この予測がなされると、このベクトルから乗算係数 (g_1, g_2, \dots, g_n) を求め、ADFの係数等の制御部503によりこれらの乗算係数が乗算器402へ設定される。このように適応型フィルタリング手段4に包含される乗算器402の乗算係数を変更することによって、或いは遅延器401の出力タップを移動させることによって、適応型フィルタリング手段4のフィルタ特性を変更することができる。

【0028】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、騒音発生源の騒音周期を検出し、騒音周期の特徴から先を予測して周期を制御するようにしたので急峻な周波数変化にも追従可能になった。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理構成を示す図である。

【図2】本発明の実施例に係る騒音制御装置を示す図で※

※ある。

【図3】図2の周期検出制御手段の構成を示す図である。

【図4】図3の周期検出部の周期検出方法を説明する図である。

【図5】周期変化量の予測方法を説明する図である。

【図6】図2の適応型フィルタリング手段を示す図である。

【図7】適応型フィルタリング手段を構成する複数の乗算器の乗算係数のシフトを説明する図である。

【図8】適応型フィルタリング手段を構成する複数の遅延器のタップ移動を説明する図である。

【図9】図2の周期検出制御手段の別の変形を示す図である。

【符号の説明】

1…騒音発生源

2…電気信号・音波変換器

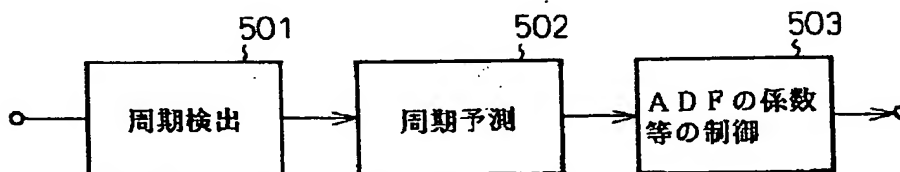
3…音波・電気信号変換器

4…適応型フィルタリング手段

5…周期検出制御手段

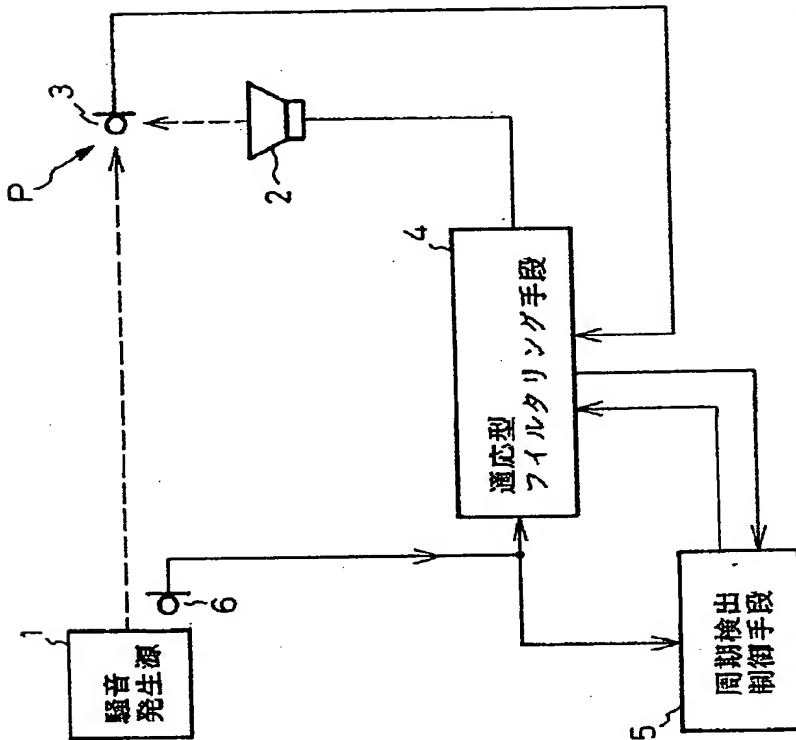
【図3】

図2の周期検出制御手段の構成を示す図



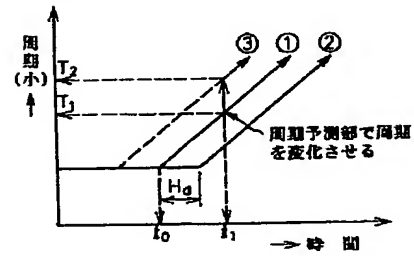
【図1】

本発明の原理構成を示す図



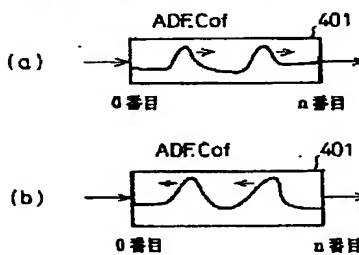
【図5】

周期変化量の予測方法を説明する図



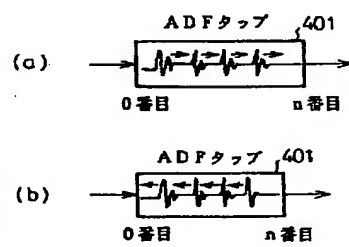
【図7】

適応型フィルタリング手段を構成する複数の乗算器の乗算係数のシフトを説明する図



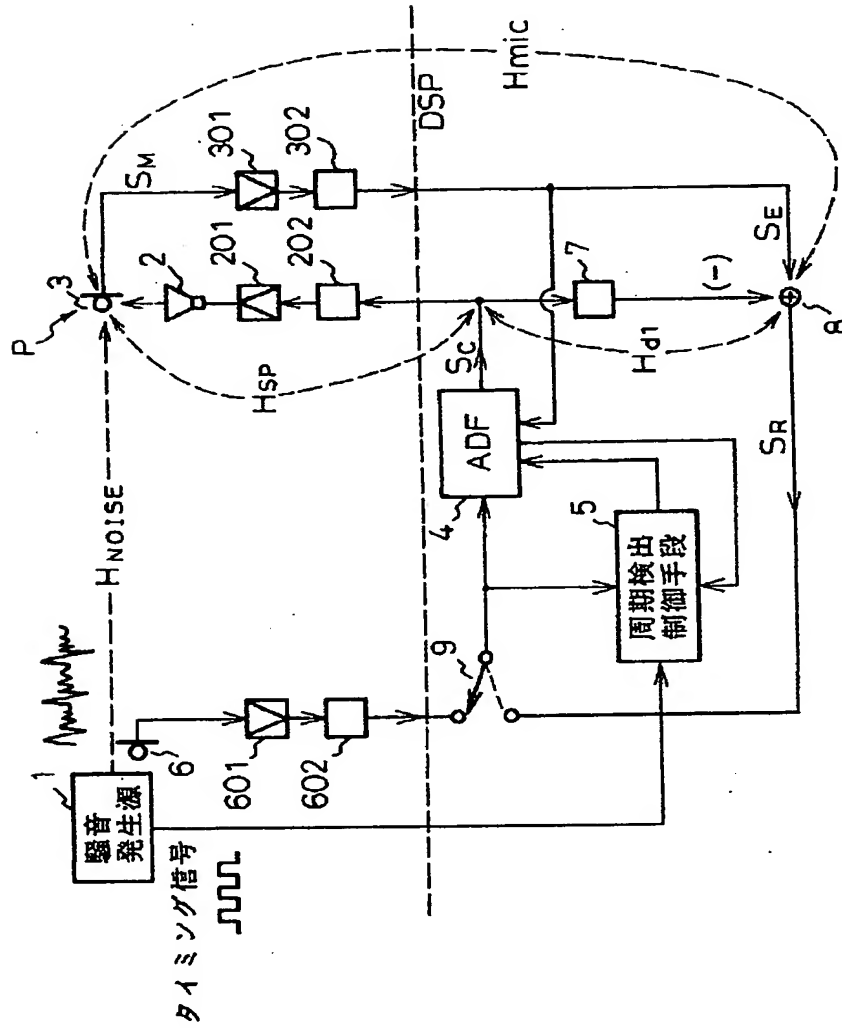
【図8】

適応型フィルタリング手段を構成する複数の遅延器のタップ移動を説明する図

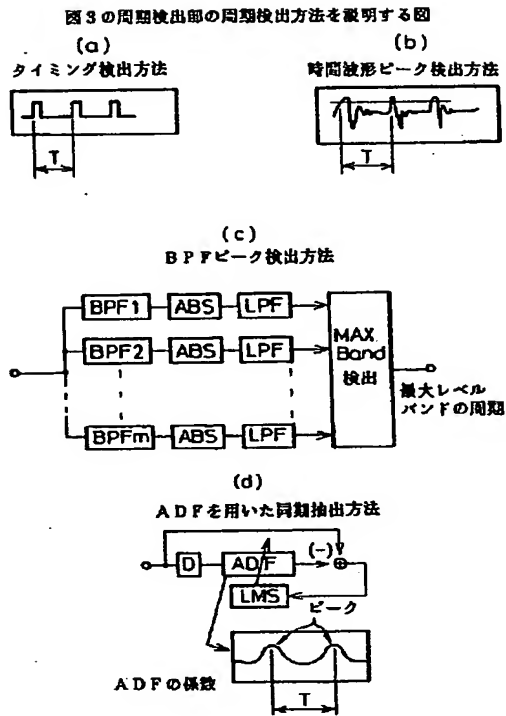


【図2】

本発明の実施例に係る騒音制御装置を示す図

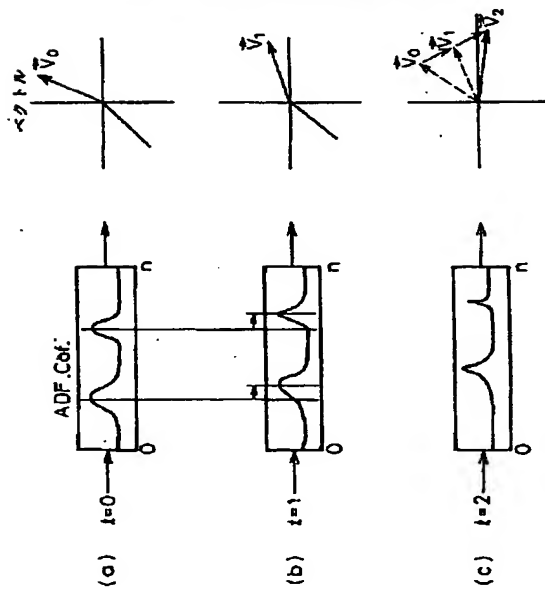


【図4】



【図9】

図2の周期検出制御手段の別の変形を示す図



【図6】

図2の適応型フィルタリング手段を示す図

